

5. Необходимая сила, прикладываемая к рукоятке винта, находится по формуле 5, при этом конструктивно принимаем расстояние от точки приложения силы  $T$  до оси винта:  $a = 80$  мм;  $tg\alpha = S/\pi d_{cp} = 1/\pi 16,918 = 0,0188$ ,  
 $\alpha = 1,078^0$ ;  $\varphi_{np} = 6,66^0$ ;

$$T = \frac{1256 \cdot 8,459 \cdot 0,135}{80} = 17,92 \text{ Н}$$

Принимаем  $T \leq 20$  Н.

6. Находим высоту рабочей полости тонкостенной втулки по формуле 6

$$H = 2\sqrt[3]{50} = 7,36 \text{ мм, принимаем } H = 7 \text{ мм, откуда}$$

толщина опорных поясков втулки  $t = H + h = 8$  мм.

Таким образом, внутренний диаметр втулки  $D_e = D_n - 2t = 34$  мм.

7. Определяем по формуле 7 длину посадочных поясков втулки

$$e = 2,5\sqrt[3]{50} = 9,2 \text{ мм, принимаем } e = 10 \text{ мм.}$$

8. Длина тонкостенной части втулки

$$L = L_y - 2e = 120 - 20 = 100 \text{ мм}$$

#### Библиографический список

1. Вандерер, К.М. Специальный дереворежущий инструмент [Текст]/Г.А. Зотов М.: Лесн. пром., 1983. 208 с.
2. Ансеров, М.А. Приспособления для металлорежущих станков [Текст] / М. А. Ансеров / М.: Машиностроение, 1975. 649 с.
3. Белоусов, А.П. Проектирование станочных приспособлений [Текст]/А.П. Белоусов/ Москва «Высшая школа», 1980. 240 с.

**Швец А.В.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [razurala@mail.ru](mailto:razurala@mail.ru),  
**Раевская Л. Т.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [raevskaya@usfeu.ru](mailto:raevskaya@usfeu.ru)

## ОБОСНОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МАНИПУЛЯТОРНОЙ МАШИНЫ СРЕДСТВАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ THE SUBSTANTIATION OF OVERALL DIMENSIONS OF A BASE PART MANIPULATOR MACHINE BY MEANS OF MATHEMATICAL MODELLING

Большинство современных машин манипуляторного типа представляет собой шасси с шарнирно сочлененной рамой оснащенные, как правило, манипуляторами с телескопической рукоятью, ротатором и захватом (рис. 1). Управление манипулятором – электрогидравлическое, с помощью двух рычагов, размещаемых на подлокотниках сидений.

Преимуществом технологического оборудования таких машин, является возможность подбора отдельных сортиментов на лесосеке, возможность регулирования объема пачки и полное отсутствие ручного труда.

Геометрия манипуляторов позволяет успешно работать как с сортиентами, так и с хлыстами. Преимущество телескопических стрел – большой вылет, обеспечивающий максимальную досягаемость сортиентов при минимальных перемещениях машины по делянке. Кинематика манипуляторов была рассмотрена ранее [1].

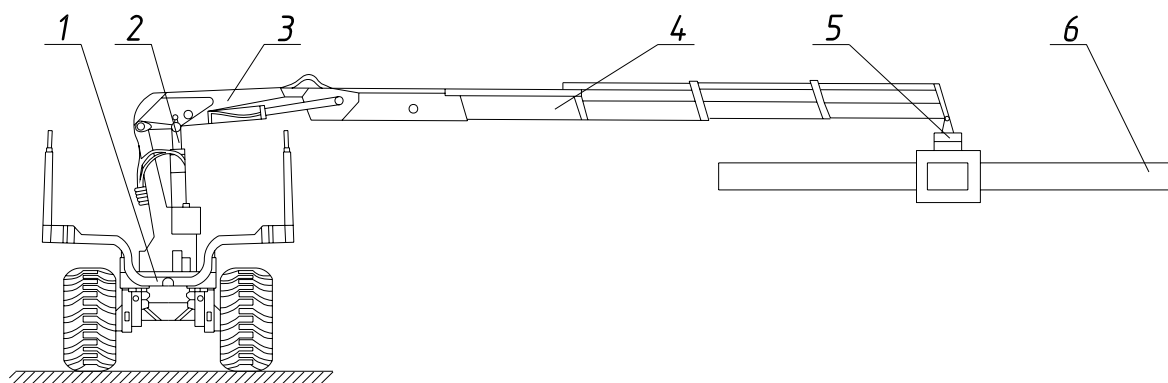


Рисунок 1 – Принципиальная схема манипуляторной машины с грузом: 1 – база манипуляторной машины, 2 – стойка манипулятора, 3 – стрела манипулятора, 4 – телескопическая рукоять манипулятора, 5 – рабочие органы манипулятора, 6 – груз

При повороте стрелы с грузом возникают динамические реакции опор стрелы, которые могут достигать величин, сравнимых со статическими, и приводить к нарушению устойчивости. Во избежание опрокидывания должны быть соблюдены определенные условия геометрии, как базы манипуляторной машины, так и самого гидроманипулятора. Проведем небольшой анализ эффективности относительных длин стрелы и рукояти. Рассмотрим два комплекта параметров: 1.  $L_1$  – длина стрелы – 2 м,  $L_2$  – длина рукояти – 8 м; 2.  $L_1$  – 5 м,  $L_2$  – 5 м. Изобразим схематически горизонтально расположенные (предельные состояния) части манипулятора для 1-го и 2-го набора параметров (расчетная схема на рис. 2). С точки зрения динамики преимущество имеет тот манипулятор, у которого при вращении будут возникать меньшие по величине нормальные силы инерции (вращение равномерное), которые и дают вклад в динамические реакции опор.

На расчетной схеме (рис. 2) приведены следующие обозначения:  $C_i$  – центры тяжести отдельных частей системы;  $G_C$  – сила тяжести стрелы;  $G_P$  – сила тяжести телескопической рукояти;  $L_1$  – длина стрелы;  $L_2$  – длина рукояти;  $\Phi_1$  и  $\Phi_2$  – силы инерции. Точка  $A$  – шарнир, соединяющий стрелу и рукоять. Верхняя часть рисунка для 1-го набора параметров, нижняя – для 2-го. Легко увидеть из расчетной схемы, что силы инерции во втором случае больше, чем в первом:  $\Phi'_1 > \Phi_1$ ,  $\Phi'_2 > \Phi_2$ , так как расстояние до оси вращения во втором случае возрастает. Следовательно, и реакция опоры в точке  $O'$  будет больше реакции опоры в точке  $O$ . Кроме того, силы тяжести во 2-м случае также находятся на более удаленных от оси вращения расстояниях, и вклад в реакцию опоры создают больший (момент этих сил относительно оси вращения больше во 2-ом случае).

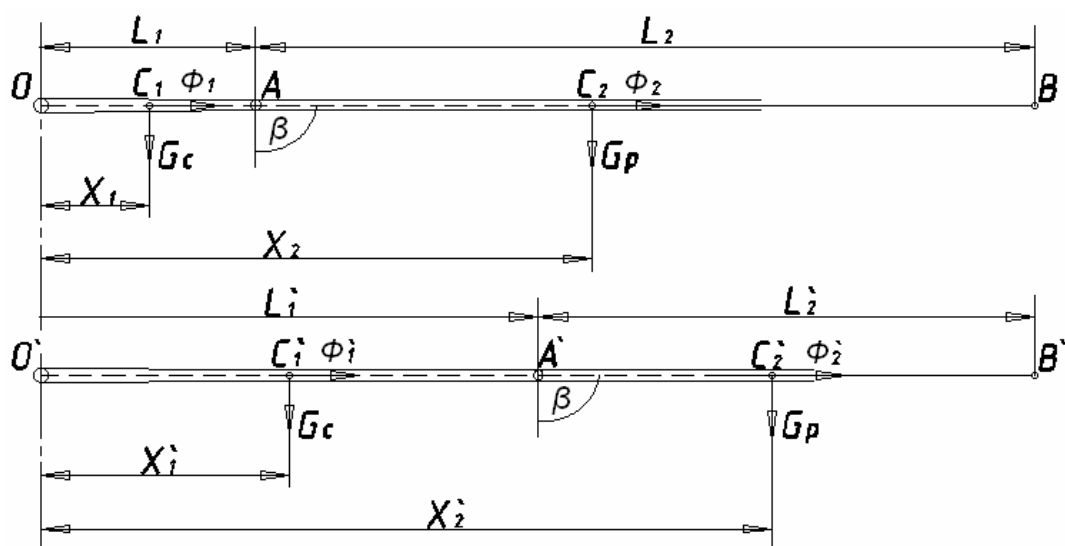


Рисунок 2 – Расчетная схема для определения оптимальной длины стрелы и рукояти манипулятора

Построим на графике зависимость реакции опоры от длины стрелы (рис. 3 а) и рукояти манипулятора (рис. 3 б) и положения их относительно вертикали.

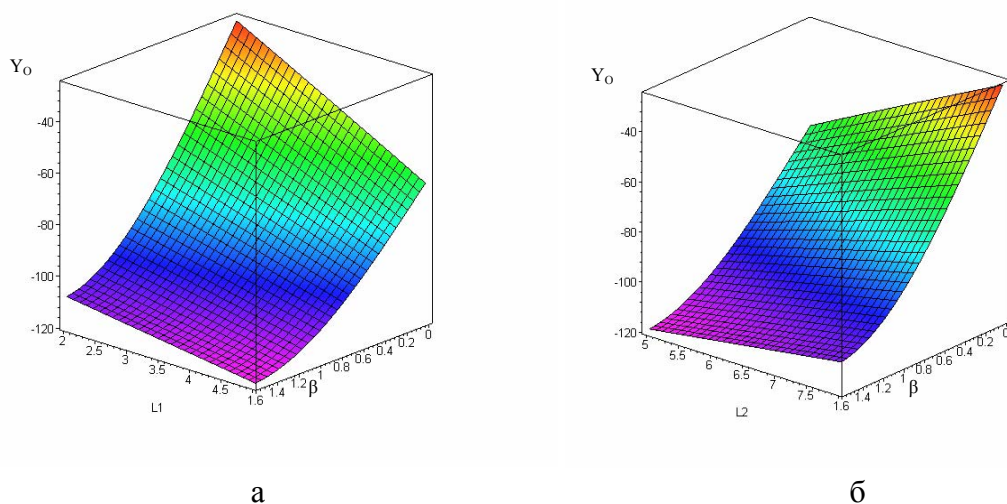


Рисунок 3 – Реакция опоры в зависимости от относительных длин стрелы и рукояти и угла рукояти с вертикалью

Зададим следующие величины сил тяжести:  $G_1 = 2,9$  кН,  $G_2 = 11,5$  кН,  $G_3 = 14$  кН, исходя из технических характеристик манипулятора типа БАКМ 1600–4. Пусть угол наклона рукояти манипулятора к горизонтальной плоскости  $\beta$  изменяется от 0 до 1,6 рад (т.е в пределах от 0 до  $\pi/2$ ). Длина стрелы изменяется в пределах от 2 до 5 метров (рис. 3 а), а длина рукояти от 5 до 8 метров (рис. 3 б).

Преимущество имеет манипулятор с длинами стрелы и рукояти равными  $L_1 = 2$  м,  $L_2 = 8$  м, так как в этом случае реакция опоры в точке  $O$  будет меньше (силы инерции ближе к оси вращения).

Оценка габаритных размеров базовой части машины проводилась из условия статического равновесия, при котором оценивалось относительное расположение траектории центра тяжести и линии опрокидывания. Линия действия приведенной силы тяжести (груза, рабочих органов – грейфера с ротатором, стрелы, рукояти, машины) должна проходить внутри опорного контура. В противном случае нагрузки, создадут в этих машинах опрокидывающие моменты, что приведет к повороту относительно линии опрокидывания. Во избежание опрокидывания должны быть созданы условия устойчивого равновесия, при которых удерживающие моменты относительно линии опрокидывания, были бы больше, чем опрокидывающие. По нашим оценкам это возможно при определенных габаритах базовой части манипуляторной машины и определенном весе груза, который не должен превышать полученные нами значения, приведенные в таблице.

Таблица – Максимально возможный вес груза

Габариты манипуляторной машины, м			Максимально возможный вес груза, кН
Длина	Ширина вместе с подвижными опорами (аутригерами)	Ширина	$G_r$
5,0	3,2	2,2	14
5,2	3,3	2,3	15
5,5	3,4	2,4	16
5,7	3,5	2,5	17
6,0	3,6	2,6	18
6,2	3,7	2,7	19
6,5	3,8	2,8	20
6,7	3,9	2,9	21
7,0	4,0	3,0	22
7,2	4,1	3,1	24
7,5	4,2	3,2	25
7,7	4,3	3,3	26
8,0	4,5	3,5	28

Приведенные в таблице результаты могут использоваться при подборе базы манипуляторной машины и максимальных нагрузок.

#### Библиографический список

1. Добрачев, А. А. Исследование кинематики работы звеньев манипулятора в обобщенном виде [Текст] / А. А. Добрачев, Л. Т. Раевская, А. В. Швец // Лесной вестник. – 2008. – №3. – С. 118–122.